

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-103288

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月21日

(51) Int. Cl.⁴

F 0 4 D 19/04

識別記号

F I

F 0 4 D 19/04

A

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平8-280555
(22) 出願日 平成8年(1996)10月1日

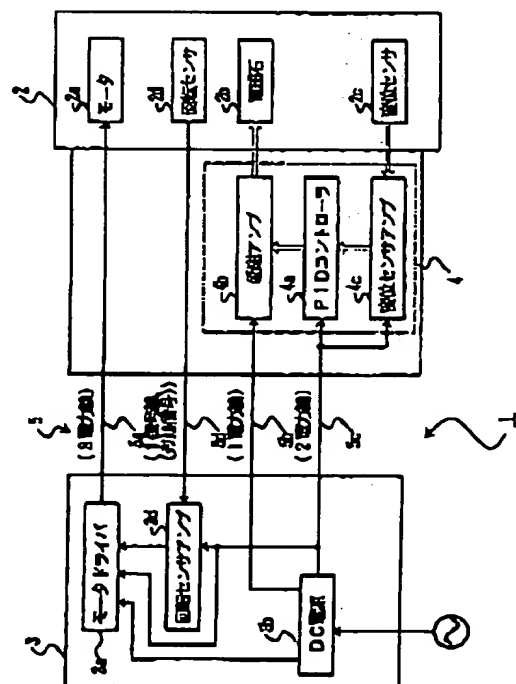
(71) 出願人 000001993
株式会社島津製作所
京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地
(72) 発明者 小崎 純一郎
神奈川県秦野市堀山下字松葉380-1 株
式会社島津製作所秦野工場内
(72) 発明者 早川 盛衛
滋賀県野洲郡野洲町三上557
(74) 代理人 弁理士 竹本 松司 (外1名)

(54) 【発明の名称】 ターボ分子ポンプ

(57) 【要約】

【課題】 ポンプ本体とコントローラ電源装置とを接続するケーブルを小径とし、磁気浮上系の信頼性を向上させる。

【解決手段】 磁気軸受により磁気浮上支持するターボ分子ポンプ1において、ポンプ本体2とポンプ本体に電力を供給するコントローラ電源装置3とをケーブル5で電氣的に接続し、ポンプ本体側に磁気軸受制御部4を設ける構成とする。コントローラ電源装置3とポンプ本体2との間を接続する回転体の変位信号を送信するためのケーブル、および励磁電流を送電するためのケーブルを省略してライン数を減少させ、ケーブルを小径とする。また、磁気浮上系においてラインの断線やノイズ発生による影響を軽減して、信頼性を向上させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 排気用翼体およびモータを有する回転体を磁気軸受により磁気浮上支持するターボ分子ポンプにおいて、ポンプ本体とポンプ本体に電力を供給するコントローラ電源装置とをケーブルで電気的に接続し、ポンプ本体側は磁気軸受制御部を備え、該磁気軸受制御部は、回転体の変位信号に基づいてフィードバック制御し、磁気軸受への励磁電流を生成することを特徴とするターボ分子ポンプ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、真空排気に使用するターボ分子ポンプに関する。

【0002】

【従来の技術】ターボ分子ポンプをはじめとする真空ポンプ等の高速回転機器では、良好な真空を得るためにオイルフリーであることが要求される。このような要求から、従来の油潤滑を利用した軸受に代えて磁気軸受が用いられている。磁気軸受は回転軸等の被支持体を真空空間に完全に非接触で磁気浮上させて回転させるため、高速回転機器に適した軸受とすることができる。

【0003】従来、この磁気軸受として、回転軸回りの自由度を除く5自由度の運動（3自由度の重心の並進運動、2自由度の重心回りの回転運動）を能動的に制御する5軸制御形磁気軸受が知られている。この5軸制御形磁気軸受では、ラジアル磁気軸受として回転体の半径方向に8個の電磁石を備え、アキシアル磁気軸受として軸方向に2個の電磁石を備えている。そして、この電磁石とはほぼ同位置に回転体の変位を検出する10個の変位センサを設置してフィードバック制御系を構成し、各電磁石に流れる電流を調節して電磁石の吸引力を調節し、回転体を中心位置に支持している。フィードバック制御系として拡大遅レギュレータ系が知られており、比例、微分、積分要素によるPID制御を行うことによって、定常外乱に対する定常偏差を減衰させている。

【0004】図4は、従来のターボ分子ポンプの磁気軸受装置の制御系を説明するブロック図である。図4において、ターボ分子ポンプ10は、ターボ分子ポンプ本体20とコントローラ電源装置30と両装置20、30間を電気的に接続するケーブル50を備えている。ターボ分子ポンプ本体20は、回転軸を駆動するモータ20aと回転軸を磁気浮上で支持する電磁石20bと回転軸の変位を検出する変位センサ20cと回転軸の回転周波数を検出する回転センサ20dを備え、コントローラ電源装置30は、ポンプ本体の回転軸を高速制御するためのモータドライバ30aおよび回転センサアンプ30dと、ポンプ本体の回転軸を磁気浮上で支持制御するための磁気軸受制御部40と、各電気回路に電力を供給するDC電源30bを備えている。

【0005】また、ケーブル50は、モータドライバ30

0aからモータ20aに駆動電力を供給する電力線50aと、磁気軸受制御部40から電磁石20bに駆動電力を供給する電力線50bと、回転センサ20dから回転センサアンプ30dに回転信号を送る信号線50dと、変位センサ20cから変位センサアンプ40cに変位信号を送る信号線50cを備えている。

【0006】図4の制御系は、回転軸の半径方向の変位を検出する8つの変位センサ20c（Sx1p, Sx1n, Sx2p, Sx2n, Sy1p, Sy1n, Sy2p, Sy2n）および回転軸の軸方向の変位を検出する2つの変位センサ20c（Szp, Szn）から検出される変位変動量をPID制御部40aで制御し、励磁アンプ40bを介して回転軸の半径方向に設けた電磁石20b（Mx1n, Mx1p, Mx2n, Mx2p, My1n, My1p, My2n, My2p, Mzp, Mzn）を駆動する。なお、一対の電磁石20bは、対向して配置し、PID制御により定められる励磁電流を励磁アンプ40bを介して流すことによって、対向する電磁石20bどうして回転軸を吸引しあい、回転軸を適当な位置に制御している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】従来のターボ分子ポンプの構成では、コントローラ電源装置とポンプ本体との間を電気的に接続するために大径のケーブルが必要であり、ケーブルの移動や設置作業に大きな負担が発生するという問題点がある。前記図4に示す従来のターボ分子ポンプでは、回転軸を駆動するために、3相モータの励磁電力を供給する電力線50aに3ラインが必要であり、回転軸の回転周波数信号を送信する信号線50dには1ラインが必要である。また、磁気軸受により浮上支持するために、5軸の磁気軸受用の電磁石に励磁電力を供給する電力線50bに10ラインが必要であり、5軸のロータ変位センサ信号を送信する信号線50cには10ラインが必要である。従って、従来のターボ分子ポンプは、合計24のラインを必要とするため、ケーブル径は大径となる。

【0008】また、磁気浮上のための20ライン（電力線50bおよび信号線50c）のうち1ラインでも断線したり、ライン上にノイズが発生すると、ロータがステータに接触する故障の要因となる。そのため、ケーブルを介して電力および信号を伝送する従来の磁気浮上系は、信頼性が低いという問題点もある。

【0009】そこで、本発明は前記した従来のターボ分子ポンプの問題点を解決し、ポンプ本体とコントローラ電源装置とを接続するケーブルを小径とすることを第1の目的とする。また、本発明は、磁気浮上系の信頼性を向上させることを第2の目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明のターボ分子ポンプは、排気用翼体およびモータを有する回転体を磁気軸受により磁気浮上支持するターボ分子ポンプにおいて、

ポンプ本体とポンプ本体に電力を供給するコントローラ電源装置とをケーブルで電気的に接続し、ポンプ本体側に磁気軸受制御部を設ける構成とするものであり、磁気軸受制御部は回転体の変位を検出する変位センサから変位信号を受け、この変位信号に基づいてフィードバック制御して励磁電流を生成し、磁気軸受の電磁石に供給する。

【0011】本発明ターボ分子ポンプは、磁気軸受制御部をポンプ本体側に設ける構成によって、従来のターボ分子ポンプにおいてコントローラ電源装置とポンプ本体との間で設置していた、回転体の変位信号を送信するためのケーブル、および励磁電流を送電するためのケーブルを省略することができる。従って、コントローラ電源装置とポンプ本体との間で設置されるケーブルは、ポンプ本体のモータを駆動するための電力線と回転体の回転周波数信号を送信するための信号線のみとなり、ライン数を減少させることができ、ケーブルを小径とすることができる。また、磁気軸受制御部とポンプ本体との間の接続はケーブルを介して行わないため、磁気浮上系においてラインの断線やノイズ発生による影響を軽減して、信頼性を向上させることができる。

【0012】また、ケーブル中のライン数を減少させることによって、ケーブル移動や設置時の作業ミスによる影響を軽減することができ、磁気浮上系の信頼性を向上させることができる。

【0013】本発明の第1の実施形態は、回転体の回転周波数信号を生成する回転センサアンプをポンプ本体側に設ける構成とするものであり、回転体の回転周波数信号を磁気軸受制御部のPIDコントローラに取り込んでゲイン調整を行うことができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図を参照しながら詳細に説明する。はじめに、磁気軸受の構成について5自由度制御形磁気軸受を用いて説明する。図3は、本発明の磁気軸受装置の一実施例を適応する5自由度制御形磁気軸受の概略構造図である。図3に示す磁気軸受は、回転軸回りの自由度を除く5自由度の運動を能動的に制御する5軸制御形磁気軸受であり、回転軸Rの重心Gを原点とし、Z軸を回転軸RとするX、Y、Z座標を示しており、重心の並進運動について3つの自由度、重心回りの回転運動について2つの自由度の合計5つの自由度を有している。

【0015】この5軸制御形磁気軸受は、回転体の半径方向に8個の電磁石(Mx_{fp}, Mx_{fn}, Mx_{rp}, Mx_{rn}, My_{fp}, My_{fn}, My_{rp}, My_{rn})を備え、これによってラジアル磁気軸受を構成している。なお、ここで、Mは電磁石を示し、添字xはX座標軸方向を、添字yはY座標軸方向を、添字fは重心Gに対して回転軸Rの一方の側を、添字rは重心Gに対して回転軸Rの他方の側を、添字pは座標軸の正方向を、添字nは座標軸の

負方向を示している。したがって、重心Gに対して回転軸Rの一方の側において、電磁石Mx_{fp}と電磁石Mx_{fn}は回転軸Rを挟んでX軸方向に対向して配置され、また、電磁石My_{fp}と電磁石My_{fn}は回転軸Rを挟んでY軸方向に対向して配置されている。また、電磁石Mx_{rp}, Mx_{rn}, My_{rp}, My_{rn}についても、重心Gに対して回転軸Rの他方の側において同様に配置されている。また、5軸制御形磁気軸受は、回転軸Rの軸方向に2個の電磁石(Mz_p, Mz_n)を備え、これによってアキシアル磁気軸受を構成している。なお、添字zはZ座標軸方向を示している。

【0016】また、5軸制御形磁気軸受は、これら電磁石とはほぼ同位置に回転軸Rの位置を検出する10個の変位センサ(Sx_{fp}, Sx_{fn}, Sy_{fp}, Sy_{fn}, Sx_{rp}, Sx_{rn}, Sy_{rp}, Sy_{rn}, Sz_p, Sz_n)を備える。ここで、8個の変位センサ(Sx_{fp}, Sx_{fn}, Sy_{fp}, Sy_{fn}, Sx_{rp}, Sx_{rn}, Sy_{rp}, Sy_{rn})は回転軸Rの半径方向の変位を検出し、2個の変位センサ(Sz_p, Sz_n)は回転軸Rの軸方向の変位を検出する。なお、変位センサSの添字は電磁石で用いた添字と同様である。

【0017】上記電磁石Mと変位センサSはフィードバック制御系を構成し、変位センサSで検出した変位を用いて各電磁石Mに流れる電流を調節して電磁石Mの吸引力を調節し、これによって回転軸Rが中心位置となるよう制御を行なっている。また、回転軸Rは回転軸に取り付けられたモータmによって駆動される。

【0018】次に、本発明の実施の形態の構成例について、図1の本発明のターボ分子ポンプの一実施形態を説明する概略ブロック図を用いて説明する。本発明のターボ分子ポンプは、排気用翼体(図示しない)およびモータを有する回転体を磁気軸受により磁気浮上支持するターボ分子ポンプである。

【0019】図1において、ターボ分子ポンプ1は、ターボ分子ポンプ本体2とコントローラ電源装置3とを両装置2, 3間を電気的に接続するケーブル5を備える。ターボ分子ポンプ本体2は、回転軸を駆動するモータ2aと、回転軸を磁気浮上で支持する電磁石2bと回転軸の変位を検出する変位センサ2cと、回転軸の回転周波数を検出する回転センサ2dを備え、さらに同じ装置内あるいは近傍に隣接して、ポンプ本体の回転軸を磁気浮上で支持制御するための磁気軸受制御部4を備える。コントローラ電源装置3は、ポンプ本体の回転軸を高速制御するためのモータドライバ3aと、回転センサアンプ3dと、各電気回路に電力を供給するDC電源3bを備える。

【0020】磁気軸受制御部4は、変位センサ2cからの変位信号を信号増幅する変位センサアンプ4cと、該変位信号に基づくPID制御によってフィードバック制御を行うPIDコントローラ4aと、DC電源からの電流をPIDコントローラ4aで制御して磁気軸受の電磁

石2b用の励磁電流を生成する励磁アンプ4bとを備え、ポンプ本体2内あるいはポンプ本体2に隣接して設けられる。

【0021】また、ケーブル5はポンプ本体2とコントローラ電源装置3とを電気的に接続して、両装置2、3の間で信号および電力の授受を行うラインであり、モータドライバ3aからモータ2aに三相の駆動電力を供給する電力線5aと、磁気軸受センサ部4に電力を供給する電力線5b、5cと、回転センサ2dから回転センサアンプ3dに回転周波数信号を送信する信号線5dとを備える。ここで、電力線5bはDC電源3bから励磁アンプ4bに電力を供給するラインであり、電力線5cはDC電源3bからPIDコントローラ4aおよび変位センサアンプ4cに電力を供給するラインである。

【0022】上記ケーブルにおいて、3相モータの励磁電力を供給する電力線5aとして3ラインを用い、回転軸の回転周波数信号を送信する信号線5dとして1ラインを用いて、回転軸の駆動用に合計4ラインを用いる。また、PIDコントローラ4a用、励磁アンプ4b用、および変位センサアンプ4c用にそれぞれ1ラインを用いて、磁気軸受制御部4用に合計3ラインを用いる。従って、ケーブルは合計7ラインで構成することができる。

【0023】本発明のターボ分子ポンプと従来のターボ分子ポンプとでケーブルのライン数の比較を行うと、従来のターボ分子ポンプは磁気軸受制御部4をコントローラ電源装置3に設けた構成であるため、磁気軸受制御部とポンプ本体との間を接続するために10ラインの電力線と10ラインの信号線の合計20ラインを要するのに対して、本発明のターボ分子ポンプでは3ラインのみとすることができ、17ラインを削減することができる。

【0024】図1に示すターボ分子ポンプの制御系は、回転軸の半径方向の変位を検出する10個の変位センサ2c (Sx_{fp}, Sx_{fn}, Sy_{fp}, Sy_{fn}, Sx_{rp}, Sx_{rn}, Sy_{rp}, Sy_{rn}, Sz_p, Sz_n) から検出される変位変動量を磁気軸受制御部4のPIDコントローラ4aで制御し、励磁アンプ4bを介して回転軸の周辺に設けた電磁石2b (Mx_{fn}, Mx_{fp}, Mx_{rn}, Mx_{rp}, My_{fn}, My_{fp}, My_{rn}, My_{rp}, Mz_p, Mz_n) に電流を供給し、対向する電磁石どうして回転軸を吸引しあい、回転軸を適当な位置に制御する。

【0025】磁気軸受制御部4のPID制御コントローラ4aは、PID制御部を備え変位センサ2cからの変位信号をフィードバックし、比例、微分、積分要素によるPID制御、あるいは位相進み補償を行う。

【0026】図2は本発明のターボ分子ポンプの他の実施形態を説明するためのブロック図である。図2に示す実施形態は、PIDコントローラ4aのゲイン調整を回転体の回転周波数信号を取り込んで行う場合の構成であ

る。この場合には、磁気軸受制御部4のPID制御コントローラ4aは、PID制御部とゲイン切換部とを備え、PID制御部は変位センサ2cからの変位信号をフィードバックし、比例、微分、積分要素によるPID制御あるいは位相進み補償を行う。ゲイン切換部は、回転センサ2dが検出した回転周波数に基づいてフィードバックゲインを選択して切り換え、切り換えたフィードバックゲインを用いて制御を行う。この構成では、回転センサアンプ3dの信号をケーブル5を介してコントローラ電源装置3のモータドライバ3aに送信を行う。本発明の実施形態によれば、ケーブルを通るライン数を減少させることができるため、ケーブル断面積を小さくすることができ、ケーブルの移動や設置作業が容易となる。

【0027】また、通常、変位信号はノイズの影響を受けやすいアナログ信号であるため、伝送にはノイズの影響を受けないように高価な同軸ケーブルを必要とするが、本発明の実施形態によれば、変位信号の送信を不要とする構成によって、ノイズ対策を省略することができる。また、ライン数の少ないケーブルを使用することができ、ケーブルやコネクタの配線工数を低減することができる。

【0028】また、本発明の実施形態によれば、最も信頼性が要求される磁気浮上系のラインをポンプ本体側で配線するため、磁気浮上系の信頼性を向上させることができる。

【0029】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、ポンプ本体とコントローラ電源装置とを接続するケーブルを小径とすることができ、また、磁気浮上系の信頼性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のターボ分子ポンプの一実施形態を説明する概略ブロック図である。

【図2】本発明のターボ分子ポンプの他の実施形態を説明するためのブロック図である。

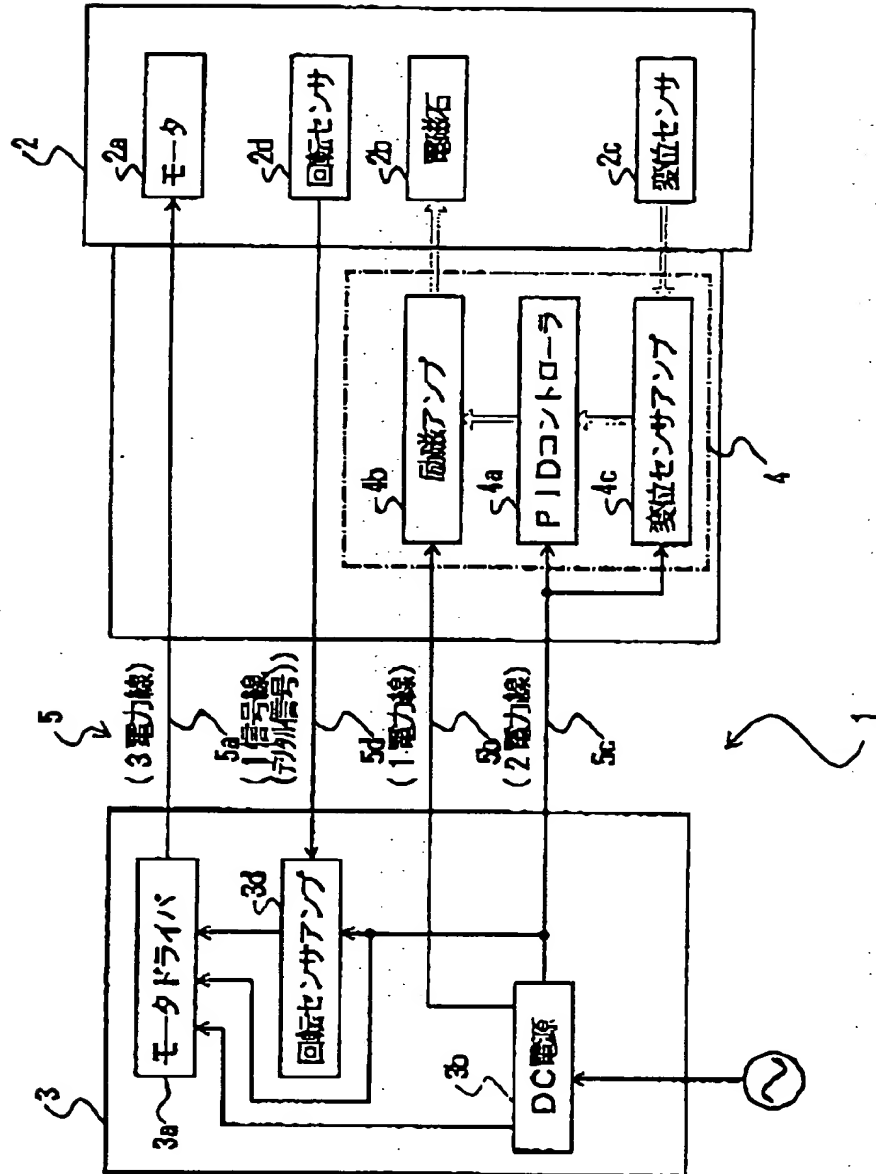
【図3】本発明の磁気軸受装置の一実施例を適用する5自由度制御形磁気軸受の概略構造図である。

【図4】従来のターボ分子ポンプの磁気軸受装置の制御系を説明するブロック図である。

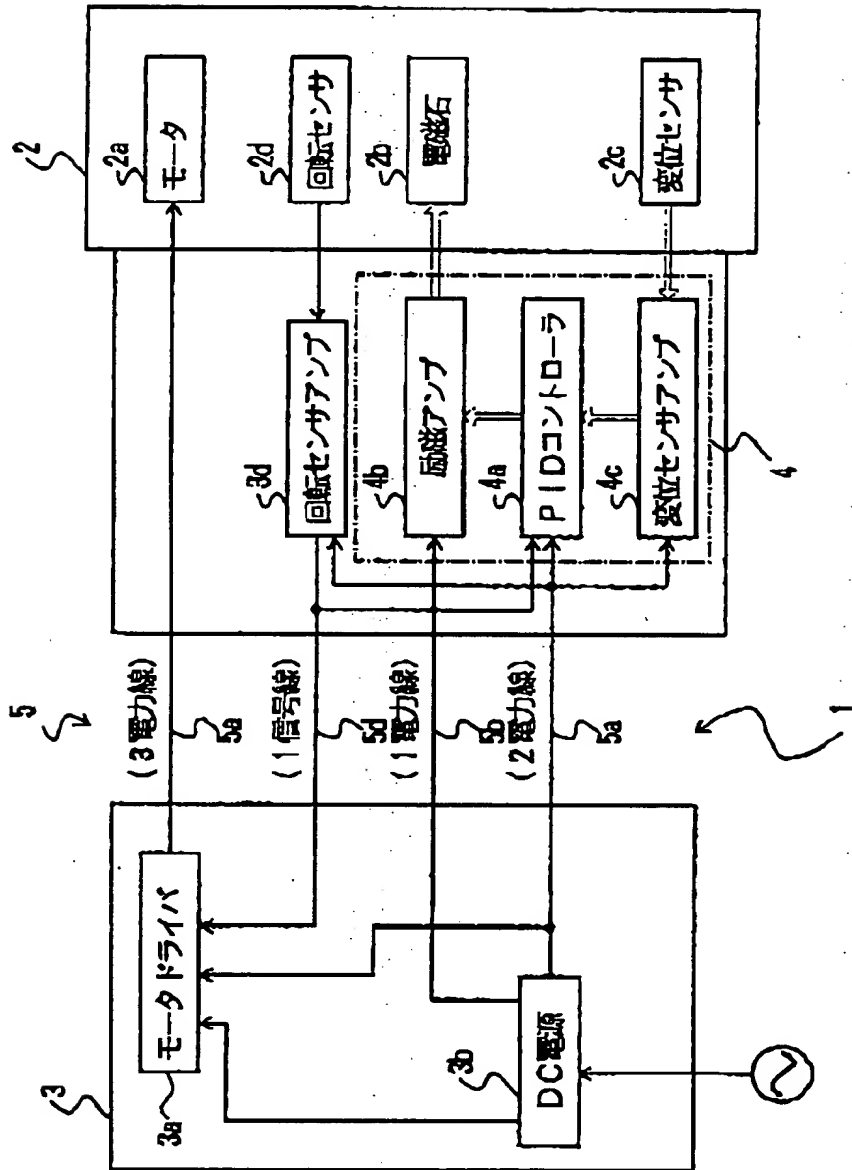
【符号の説明】

1、10…ターボ分子ポンプ、2、20…ポンプ本体、2a、20a…モータ、2b、20b…電磁石、2c、20c…変位センサ、2d、20d…回転センサ、3、30…コントローラ電源装置、3a、30a…モータドライバ、3b、30b…DC電源、3d、30d…回転センサアンプ、4、40…磁気軸受制御部、4a、40a…PIDコントローラ、4b、40b…励磁アンプ、4c、40c…変位センサアンプ、5、50…ケーブル。

【図1】



【図2】



【図3】

